

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kopi

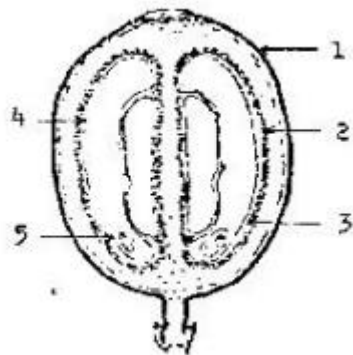
Kopi merupakan salah satu komoditi hasil perkebunan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis yang sangat tinggi dibandingkan hasil komoditi perkebunan lainnya. Produksi kopi di Indonesia tiap tahun mengalami naik turun. Menurut data dari Asosiasi Eksportir dan Industri Kopi Indonesia (AEKI) tahun 2017 produksi kopi di Indonesia sebagai berikut:

Tabel 2.1 Produksi Kopi di Indonesia mulai tahun 2008-2017

Tahun	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Produksi Kopi (dalam 1.000 ton)	698	683	687	634	748	740	712	550	600	675

Menurut Muchtadi (2010) kopi memiliki nama latin *Coffea sp.* Buah kopi terdiri atas 4 bagian yaitu lapisan kulit luar (exocarp), daging buah (mesocarp), kulit tanduk (parchment), kulit ari dan biji (endosperm).

#### Keterangan:



1. Lapisan kulit luar (exocarp)
2. Lapisan daging (mesocarp)
3. Lapisan kulit tanduk (endocarp)
4. Kulit ari
5. Biji kopi.

Gambar 2.1 Buah Kopi

Hasil analisis kesetimbangan massa buah kopi bahwasannya dari 100 kg buah kopi yang diolah kering akan diperoleh 29 kg (29%) gelondong kering yang terdiri dari 15,95 kg biji kopi (55%) dan 13,05 kg kulit gelondongan kering

(45%). Kulit gelondong kering terdiri kulit cangkang, lendir dan kulit buah dengan perbandingan bobot kering 11,9: 4,9 : 28,7. Kulit gelondong kering mengandung gula reduksi, gula non pereduksi dan senyawa pektat masing-masing sebesar 12,4%: 2,02%: 6,52% dan 10,7% protein kasar serta 20,8% serat kasar (Widyotomo, 2013).

## 2.2. Kulit Kopi

Pengolahan kopi secara basah (*fully wet process*) maupun kering (*dry process*) berpotensi menghasilkan limbah kulit kopi dalam jumlah yang besar. Hal ini dikarenakan pada pengolahan kopi akan menghasilkan 65% biji kopi dan 35% limbah kulit kopi (Nurfitriani dan Handayanto, 2017).

Kulit buah kopi merupakan limbah dari pengolahan buah kopi untuk mendapatkan biji kopi yang kemudian digiling menjadi bubuk kopi. Kandungan zat nutrisi kulit buah kopi dipengaruhi oleh metode pengolahan tersebut apakah secara basah atau kering, sehingga dari berbagai metode pengolahan akan dihasilkan hasil yang berbeda.

Tabel 2.2 Kandungan Nutrisi Kulit Kopi dengan Metode Pengolahan Berbeda

Metode pengolahan	BK (%)	% Bahan Kering				
		PK	SK	Abu	LK	BETN
Basah	23	12.8	24.1	9.5	2.8	50.8
Kering	90	9.7	32.6	7.3	1.8	48.6

Sumber: Murni dkk., (2008).

Kulit kopi mengandung beberapa komponen, antara lain selulosa 57.9%, hemiselulosa 21.63%, lignin 5.21%, pektin 2.28%, dan zat inhibitor seperti tanin 4.81%, kafein 0.86%, polifenol 3.48%. Kandungan selulosa yang tinggi menyebabkan kulit kopi dapat digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam

pembuatan biogas. Kulit kopi mengandung beberapa zat inhibitor yang dapat menghambat produksi biogas. untuk itu perlu diberikan pretreatment secara biologi menggunakan campuran mikroorganisme seperti cairan isi rumen (Sari dan Arista 2017).

### **2.3. Biogas**

Biogas merupakan campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik, secara umum biogas terdiri atas gas metana ( $\text{CH}_4$ ) 50 sampai 70 %, gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) 30 sampai 40%, hidrogen ( $\text{H}_2$ ) 5 sampai 10%, dan gas-gas lain dalam jumlah yang sedikit (Wahyuni, 2013).

Biogas adalah campuran beberapa gas yang merupakan hasil fermentasi dari bahan organik dalam kondisi anaerobik, yang terdiri dari campuran metana (50-75%),  $\text{CO}_2$  (25-45%), dan sejumlah kecil  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ , dan  $\text{H}_2\text{S}$ . Biogas digunakan sebagai energi alternatif untuk menghasilkan energi listrik, setiap satu  $\text{m}^3$  metana setara dengan 10 kWh. Nilai ini setara dengan 0,61 L fuel oil, energi ini setara dengan 60-100 watt lampu penerangan selama 6 jam (Hambali dkk, 2007).

Pembuatan fermentasi biogas akan berhasil atau tidak dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain substrat, pengadukan dan starter, suhu, dan pH. Suhu optimum bakteri metanogenik yang bersifat mesofilik adalah  $35^\circ\text{C}$ , bakteri metanogenik termofilik adalah  $500\text{-}600^\circ\text{C}$  (Gerardi, 2003 dalam Wati dkk, 2014).

Tahap fermentasi anaerobik dapat digolongkan menjadi empat tahapan reaksi, yaitu tahap hidrolisis, tahap pembentukan asam (asidogenesis), tahap

pembentukan asetat (asetogenesis), dan tahap pembentukan gas metana (metanogenesis). (Mujdalipah, dkk. 2014).

Koponen biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi berupa gas Methan ( $\text{CH}_4$ ) sekitar 54-70%, gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) sekitar 27-45%, nitrogen ( $\text{N}_2$ ) 3% - 5%, hidrogen ( $\text{H}_2$ ) sebesar 1%, 0,1% karbonmonoksida ( $\text{CO}$ ), 0,1% oksigen ( $\text{O}_2$ ), dan sedikit hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Gas methan ( $\text{CH}_4$ ) yang merupakan komponen utama biogas merupakan bahan bakar yang berguna karena mempunyai nilai kalor yang cukup tinggi, yaitu sekitar 4800 sampai 6700 kkal/m<sup>3</sup>, sedangkan gas metana murni mengandung energi 8900 Kcal/m<sup>3</sup>. Karena nilai kalor yang cukup tinggi itulah biogas dapat dipergunakan untuk keperluan penerangan, memasak, dan menggerakkan mesin (Sunaryo, 2014).

Menurut Megawati dan Aji (2015) secara teoritis, proses pembentukan biogas terbagi menjadi 4 tahap yaitu sebagai berikut:

#### 1. *Hidrolisis*

Secara teoritis, langkah pertama dalam proses pembentukan biogas adalah hidrolisis. Pada tahap hidrolisis ini, kompleks bahan organik (polimer) didekomposisi menjadi unit yang lebih kecil (mono dan oligo). Selama proses tersebut, polimer seperti karboidrat, lipid, asam nukleat dan protein diubah menjadi glukosa, gliserol, purin dan pirimidin. Mikroorganisme hidrolitik akan mensekresi enzim hidrolitik, mengubah polimer menjadi senyawa sederhana.

Proses hidrolisis membutuhkan mediasi exo-enzim yang diekskresi oleh bakteri fermentatif. Produk yang dihasilkan dari proses hidrolisis lebih lanjut diuraikan oleh mikroorganisme yang terlibat dan digunakan untuk proses metabolisme mereka sendiri. Walaupun demikian proses penguraian anaerobik

sangat lambat dan menjadi terbatas dalam penguraian limbah selulolitik yang mengandung lignin. Pada proses ini, bakteri pengurai asam menguraikan senyawa glukosa sesuai dengan reaksi berikut (Mosey dalam jurnal Manurung, 2004).

## 2. *Asidogenesis*

Selama proses asidogenesis, produk hidrolisis dikonversi oleh bakteri asidogenik menjadi substrat metanogen. Gula sederhana, asam amino, dan asam lemak terdegradasi menjadi asetat, karbondioksida dan hidrogen (70%) serta menjadi *Volatile Fatty Acid* (VFA) dan alkohol (30%).

## 3. *Asetogenesis*

Selama proses asetogenesis, produk dari asidogenesis yang tidak dapat diubah secara langsung menjadi metana oleh bakteri metanogen akan diubah menjadi substrat metanogen. VFA dan alkohol dioksidasi menjadi substrat metanogen seperti asetat, hidrogen dan karbondioksida. Produk hidrogen meningkatkan tekanan parsial hidrogen, hal ini dianggap sebagai produk limbah dari proses asetogenesis dan menghambat metabolisme bakteri asetogenik. Kemudian proses metanogenesis, selama proses metanogenesis hidrogen akan diubah menjadi metana. Asetogenesis dan metanogenesis biasanya sejajar, sebagai simbiosis dari dua kelompok organisme.

## 4. *Metanogenesis*

Produksi metana dan karbondioksida dari produk antara dilakukan oleh bakteri metanogen, 70% dari metana yang terbentuk berasal dari asetat, sedangkan 30% sisanya dihasilkan dari konversi hidrogen (H) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Metanogenesis merupakan langkah penting dalam seluruh proses pencernaan anaerobik, karena metanogenesis merupakan reaksi biokimia paling lambat dalam

proses. Proses metanogenesis sangat dipengaruhi oleh kondisi operasi. Beberapa contoh yang mempengaruhi proses metanogenesis adalah komposisi bahan baku, perbandingan makanan, temperatur, dan nilai pH. *Overload digester*, perubahan temperatur, dan masuknya oksigen dalam jumlah besar dapat mengakibatkan penghentian produksi metana.

## 2.4 Sistem Digester Biogas

Secara umum pengertian reaktor adalah suatu tempat terjadinya suatu reaksi kimia dimana konstruksi tergantung dari variabel yang dibutuhkan untuk proses kimia tersebut, seperti koefisien perpindahan panas, tekanan, suhu, volume, konsentrasi, dan lain-lain (Ikhsan, dkk. 2013).

Pada reaktor tipe kontinyu ada aliran bahan baku atau substrat yang dimasukkan dan residu yang dikeluarkan pada selang waktu tertentu. Produksi biogas dapat dipercepat dan konsisten dengan sistem pemasukan bahan baku atau substrat yang kontinyu serta sejumlah kecil buangan limbah setiap hari. Proses fermentasi akan menyisakan nitrogen pada lumpur buangan (*slurry*) dan dapat digunakan sebagai pupuk organik pertanian. Hal yang perlu diperhatikan sistem kontinyu adalah tangki harus cukup besar untuk menampung semua bahan yang terus menerus dimasukkan selama proses pencernaan berlangsung. Kondisi yang ideal untuk sistem kontinyu ini adalah menggunakan dua buah tangki digester, konsumsi limbah berlangsung dalam dua tahap. Tahap pertama untuk memproduksi gas metan dan tahap kedua untuk hal yang sama namun lebih lambat. Perbedaan tipe curah dengan tipe kontinyu adalah pada bagian konstruksi pengumpul gas tersebut, sedangkan persamaan keduanya mempunyai komponen

tangki utama, saluran pemasukan substrat dan pembuangan residu keluar dan saluran keluar gas (Haryati dan Tuti, 2006).

Rao dan Bapat (2006) *dalam* Lestari (2016) menyatakan bahwa sistem fermentasi kontinyu merupakan proses dimana terdapat penambahan nutrient secara terus menerus serta produksi dipindahkan secara bersamaan. Bahan baku segar atau nutrient yang diisikan pada digester akan mendorong sludge yang sudah diproses keluar dari digester melalui pipa keluar.

Menurut Andianto (2011) tipe kontinyu (*Plug Flow Digester*) merupakan pengisian bahan baku ke dalam digester dilakukan secara kontinyu (tiap hari) selama 3-4 minggu sejak pengisian awal tanpa harus mengeluarkan bahan baku yang sudah dicerna. Digester tipe ini memiliki beberapa komponen utama, yaitu saluran masuk *slurry*, saluran keluar residu, sistem pengaduk, saluran gas dan tempat penyimpanan gas.

a. Saluran Masuk *Slurry*

Saluran masuk merupakan saluran untuk memasukkan bahan baku biogas. Perbandingan antara bahan baku biogas dengan air adalah 1:4 untuk memudahkan pengaliran *slurry* didalam digester serta menghindari terbentuknya sedimentasi yang akan menyulitkan pengaliran *slurry* selanjutnya. *Slurry* harus menutup saluran masuk dan keluar digester agar kondisi anaerob dapat tercapai.

b. Saluran Keluar Residu

Saluran keluar residu digunakan untuk mengeluarkan *slurry* yang telah dicerna oleh bakteri. Saluran ini bekerja berdasarkan prinsip kesetimbangan tekanan hidrostatik. Residu yang keluar pertama kali merupakan *slurry* masukan pertama kali setelah waktu retensi.

#### c. Sistem Pengaduk

Pengadukan dapat dilakukan dengan cara mekanis, sirkulasi *slurry* dalam digester untuk tipe kontinyu atau dapat juga dengan cara sirkulasi ulang produksi biogas ke atas digester menggunakan pompa. Pengadukan ini berfungsi untuk meningkatkan produksi biogas karena dapat mengurangi *scum* maupun pengendapan yang menghambat gas yang keluar.

#### d. Saluran Gas

Gas metana yang dihasilkan dari digester ini bersifat koros. Maka saluran gas disarankan terbuat dari bahan polimer semisal PVC. Saluran yang transparan lebih diutamakan agar kelihatan, karena penguapan cairan di dalam digester serta hasil reaksi dari digester berpotensi menyebabkan genangan air yang bisa menyumbat saluran gas.

#### e. Tempat Penyimpanan Gas

Tempat penyimpanan gas dibedakan menjadi dua yaitu: tempat penyimpanan gas yang menyatu dengan digester (tipe *floating drum*) dan yang terpisah (tipe *fixed dome*).

### 2.5 Slurry

*Slurry* adalah residu dari input yang keluar dari lubang pengeluaran setelah mengalami proses fermentasi oleh bakteri metana dalam kondisi anaerobik di dalam digester pada proses pembuatan biogas dari limbah bahan organik. Bahan organik dikonversi menjadi biogas 50 - 60%, yang tersisa adalah lumpur (Irvan, dkk. 2012). *Slurry* menurut istilah yaitu bubur atau lumpur merupakan bahan baku pembuatan biogas. Sedangkan *Sludge* padatan dan cairan ( lumpur) sisa hasil



pembuatan biogas. Starter dalam penelitian berupa *Slurry* yang merupakan rendaman kulit kopi itu sendiri ditambahkan dengan cairan isi rumen.

Menurut Presto dan Leng dalam Priyatno (1996), di dalam rumen sapi dan kerbau, hidup beberapa jenis mikroba seperti bakteri, fungi, yeast dan protozoa. Kelompok bakteri merupakan jenis mikroba yang jumlahnya paling banyak terdapat di dalam rumen. Salah satu dari jenis bakteri yang hidup dalam rumen tersebut adalah bakteri metanogenik, yang merombak zat organik menjadi gas metana. Penambahan isi rumen pada proses fermentasi biogas akan meningkatkan produksi gas.

Hal tersebut didukung hasil penelitian Susilowati (2009), yang menyatakan bahwa jumlah biogas yang dihasilkan semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi cairan rumen.

*Slurry* merupakan cairan hasil bongkaran fermentasi pada fase hidrolisis kurang lebih satu bulan, yang selanjutnya cairan hasil bongkaran dijadikan starter pada fermentasi selanjutnya (Hendroko, *et al*, 2013).

## **2.6 Komposisi dan Produksi Biogas**

Kandungan metana dalam biogas yang diproduksi oleh reaktor/digester berbeda-beda tergantung jenis feed, komposisi masukan dan lama waktu fermentasi serta kapasitas reaktor. Dalam reaktor biogas mengandung sekitar 60-70 (%Volume) gas metana, 30-40 (%Volume) gas karbondioksida serta gas-gas lain, meliputi ammonia, hidrogen sulfida merkaptan (tio-alkohol) dan gas lainnya. Secara umum komposisi biogas dapat dilihat pada tabel1 berikut ini:

Tabel 2.3 Komposisi Biogas

Komponen	Persentase (% Volume)
Metana (CH <sub>4</sub> )	50-60
Karbondioksida (CO <sub>2</sub> )	30-40
O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , dan H <sub>2</sub> S	1-2

Sumber: Wahyuni, 2013

Produksi biogas ini dipengaruhi oleh pertumbuhan bakteri metanogenik yang mengubah asam volatil menjadi metan dan CO<sub>2</sub> dan produk lain, sehingga laju pembentukan biogas seiring dengan laju pertumbuhan bakteri metanogenik (Pertiwinigrum, dkk. dalam jurnal Ihsan, dkk., 2013).

Pengukuran produksi biogas dilakukan setiap hari dari sehari setelah pengisian bahan hingga terlihat volume gas dalam pengamatan. Produksi gas diukur dengan cara gas yang keluar ditampung di dalam balon dan diukur setiap hari dengan cara balon dicelupkan ke dalam ember yang berisi air, balon ditekan ke dalam ember menggunakan papan dan air yang keluar dari ember merupakan volume gas yang dihasilkan tiap harinya (Sanjaya, dkk., 2015).

Menurut Gamayanti, dkk. (2012), substrat atau bahan dalam pembuatan biogas yang berkadar air rendah akan terdegradasi lebih lama dibandingkan bahan yang berkadar air tinggi. Untuk mempercepat pendegradasian bahan, maka bahan berkadar air rendah perlu ditambahkan air atau bahan berkadar air tinggi tidak perlu ditambahkan air.

## 2.7 Hipotesis

Diduga pemberian konsentrasi *slurry* yang berbeda berpengaruh terhadap terhadap komposisi dan produksi biogas fermentasi kulit kopi dengan sistem digester diskontinyu satu tahap.

